

# Escuela Superior Politécnica del Litoral



## Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar

### “DESCRIPCIÓN DE LA BIODIVERSIDAD DEL ECOSISTEMA CORALINO NATURAL PRESENTE EN LA ISLA SALANGO, PARQUE NACIONAL MACHALILLA- PROVINCIA DE MANABÍ, MEDIANTE EL USO DE ÍNDICES DE DIVERSIDAD”

#### PRE-PROYECTO DE GRADUACION

Previa a la obtención del Título de:

Biólogos

Con Mención en Biología Marina

**Presentada por:**

*Constante Córdova Karen Cecibel*

*Torres Arteaga Ginger Marina*

**Y**

Previa a la obtención del Título de:

Ingeniero en Acuicultura

*Culcay Uzcátegui Luis Alejandro*

*Guayaquil – Ecuador*

2010

## **AGRADECIMIENTO**

MSc. Alba Calle Prócel  
MSc. Sonnia Guartatanga  
Dra. Sheila Massay  
Personal docente de FIMCM por  
los conocimientos adquiridos a lo largo  
de nuestra formación profesional

## DEDICATORIA

Este trabajo está especialmente dedicado a  
A Dios por estar presente  
En aquellos momentos difíciles.

A nuestros padres quienes nos  
Brindaron su apoyo a lo largo de  
Nuestra formación profesional  
Y personal.

A los profesores que si creyeron en nosotros.

A nuestros amigos.

Ser como el río que fluye  
silencioso en medio de la noche.  
No temer las tinieblas de la noche.  
Si hay estrellas en el cielo, reflejarlas.  
Y, si los cielos se cubren de nubes,  
como el río, las nubes son agua;  
reflejarlas también sin pena  
en las profundidades tranquilas.

## TRIBUNAL DE GRADO

.....  
MS.c. Francisca Aracelli Burgos V.  
**DIRECTOR(A)**

.....  
Ph.D. Marcelo Muñoz Naranjo  
**DELEGADO**

## DECLARACION EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este trabajo final de graduación me (nos) corresponde (n) exclusivamente, y el patrimonio intelectual de la misma a la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

---

*Karen C. Constante Córdova*

---

*Ginger M. Torres Arteaga*

---

*Luis A. Culcay Uzcátegui*

## Contenido:

AGRADECIMIENTO	2
DEDICATORIA	3
TRIBUNAL DE GRADO	5
DECLARACIÓN EXPRESA	6
ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN	7
MARCO DE REFERENCIA	10
OBJETIVO GENERAL	12
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
PRINCIPALES IMPACTOS	
a. Científico	14
b. Social	14
c. Ambiental	14
METODOLOGÍA	
TEORÍA	
CAPÍTULO I: ARRECIFES CORALINOS COMO SISTEMA ECOLÓGICO	
1.1. Descripción General	15
1.1.1. Cómo se forma un arrecife de coral?	16
1.1.2. Condiciones para el crecimiento de los arrecifes	17
1.2. Biología del coral	17
1.2.1. Reproducción	18
1.3. Micro y macro-fauna del sistema coralino	18
1.4. Simbiosis mutualista presente en los arrecifes de coral	19
1.4.1. Zootaxelmas	19
MÉTODO	
CAPÍTULO II: MONITOREO FÍSICO Y QUÍMICO	
2.1. Descripción General	21
2.2. Monitoreo de parámetros físicos	21
2.2.1. Temperatura	21
2.2.2. Oxígeno disuelto	22
2.2.3. Salinidad	22
2.2.4. Medida de pH	22
2.2.5. Corrientes	22
2.2.6. Transparencia de agua y luz	22
2.3. Monitoreo de parámetros químicos	
2.3.1. Clorofila	23
2.3.2. Concentraciones bacterianas	24
2.3.3. Nutrientes	24
CAPÍTULO III: MONITOREO BIOLÓGICO	
3.1. Descripción General	25
3.2. Metodología e índices de diversidad a emplearse en el control de colonias en el coral	25
3.2. El caso de la diversidad de especies	25
3.4. Índices de diversidad en la medición de diversidad de especies	25
3.4.1. Índices cuantificables a emplearse	25
TÉCNICA	

CAPÍTULO IV: MÉTODO	
4.1. Monitoreo de parámetros físicos	
4.1.1. Temperatura	29
4.1.2. Oxígeno disuelto	29
4.1.3. Salinidad	30
4.1.4. Medida de pH	30
4.1.5. Corrientes	30
4.1.6. Transparencia de agua y luz	30
4.2. Monitoreo de parámetros químicos	
4.2.1. Clorofila	31
4.2.2. Concentraciones bacterianas	32
4.2.3. Nutrientes	32
4.3. Monitoreo biológico	
4.3.1. Monitoreo de colonias individuales	33
4.3.1.1. Recopilación de base de datos	33
4.3.1.2. Unidades de muestreo	34
4.3.1.3. Frecuencia del monitoreo	35
4.3.1.4. Análisis de datos	36
4.3.2. Comparación de métodos de monitoreo	36
4.3.2.1. Transectos	36
4.3.2.1.1. Transecto lineal	37
4.3.2.2. Cuadrantes	37
4.3.3. Fotografía submarina	37
CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE DATOS	
5.1. Análisis multivariados, utilizando índices de Similaridad y distribución geográfica	38
5.2. Representación estadística de resultados estadísticos	39
ACTIVIDADES	40
PRESUPUESTO	41
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	43
POSIBLES RESULTADOS	44
RECOMENDACIONES	45
CONCLUSIÓN	46
APÉNDICES:	
APÉNDICE I	
Proforma para materiales a emplearse en el Monitoreo Biológico	48
APÉNDICE II	
Proforma para análisis químicos	49
APÉNDICE III	
Proforma de equipos de parámetros físicos	50
APÉNDICE IV	
Valores multiplicados y con I.V.A. empleados en el cuadro de actividades de monitoreo biológico	51
APÉNDICE V	
Hoja de datos para el monitoreo de parámetros físicos	52
APÉNDICE VI	
Hoja de datos para el monitoreo de parámetros químicos	53
APÉNDICE VII	

Ejemplo de pizarra subacuática preparada para el monitoreo biológico	54
APÉNDICE VIII	
Muestra de hoja de datos para el nado al azar	55
APÉNDICE IX	
Ejemplo de ingreso de datos en Microsoft Excel-Hoja de Cálculo	56
BIBLIOGRAFÍA	57
CONSULTAS INFORMÁTICAS	58

## **ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN**

Una de las mayores causas de pérdidas de ecosistemas naturales y/o extinción de diversidad ecológica se debe al desconocimiento de lo que nos rodea. Ésta falta de conocimiento se debe a la poca información disponible o a la falta de investigación y conciencia ecológica generada en la sociedad.

Entre las obras más sobresalientes de la naturaleza a nivel marino tenemos los arrecifes de coral, los cuales constituyen un ecosistema complejo y delicado debido a la disposición de su formación, ya que está constituido como una red de simbiosis, la cual incluye una gran variedad de grupos de organismos.

“La presencia de arrecifes rocosos crea un ecosistema de complejas asociaciones de especies que se encuentran muy íntimamente relacionadas y que dependen una de la otra. Por esa razón, es necesario que este ecosistema se mantenga en equilibrio.” (*Monitoreo del ecosistema y del efecto de la pesca en el arrecife rocoso. Importancia*)

La disminución o eliminación de una de estas especies significa el rompimiento de la cadena trófica, lo que produce cambios devastadores en el ecosistema. “Cualquier desequilibrio puede ser evidenciado por la disminución de la densidad, desaparición de varias especies que antes existían y/o por el desarrollo de la población de otra especie”. (*Monitoreo del ecosistema y del efecto de la pesca en el arrecife rocoso. Importancia*)

“Las formaciones arrecifales costeras ubicadas en los alrededores de la Isla Salango - Parque Nacional Machalilla (PNM) poseen parches de coral cuya dinámica es muy parecida a la de los grandes arrecifes coralinos por su valor ecológico” (*Jade Rivera Rossi - Cristina Rivadeneira-Roura. REGIÓN COSTA. COSTA CENTRAL VII. PARQUE NACIONAL MACHALILLA.*) Y a su vez, si bien es cierto; las comunidades marinas como éstas ocupan menos del 1% en el fondo del océano pero el porcentaje de especies marinas que lo habitan es cerca del 25% al 33%.

La razón por la cual se escogió el arrecife de coral como objeto de estudio y elemento de observación es debido a su complejidad como hábitat; constituida por micro y macroorganismos, que debido a sus dimensiones influye en las características tanto físicas como biológicas.

A profundidades menores de 10 metros se localizan los ecosistemas marino-costeros que funcionan como guarderías de juveniles. Cerca de la costa es donde se localiza la mayor población de especies de larvas y juveniles los cuales deben ser conservados para que puedan llegar a desarrollarse como adultos reproductores (*Briones E.E. 1994*). Y en nuestro caso, el lugar escogido para llevar a cabo nuestro estudio, la profundidad no excede de los 15 metros.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la Evaluación del área marina del Parque Nacional Machalilla: Parte I: Diagnóstico ecológico y socioeconómico del área marino-costera del Parque Nacional Machalilla. (*Flachier, Adriana, et al. 1997*), el área marina que circunda el PNM, dentro y fuera de sus dos millas náuticas, tiene una importancia relevante en relación a los recursos que encierra, que merece la pena conservarlos y pone por ejemplo en la región de isla Salango existen arrecifes rocosos que poseen una gran diversidad de peces e invertebrados y funcionan como refugio o guardería para los juveniles de varias especies de peces (*Briones E.E. 1994*). Y estos mantienen las mayores y mejor conservadas comunidades coralíferas de la costa ecuatoriana. También pone en conocimiento sobre los

arrecifes que rodean la isla Salango se presentan deteriorados y es el área de mayor explotación por pesca selectiva submarina dentro del PNM, según los resultados de las encuestas socioeconómicas en la Evaluación del área marina del Parque Nacional Machalilla: Parte I: Diagnóstico ecológico y socioeconómico del área marino-costera del Parque Nacional Machalilla. (Flachier, Adriana, et al. 1998), que existe poca información sobre las características bióticas y abióticas del área marina del PNM, más aún sobre el sitio escogido a efectuar nuestro estudio (Isla Salango). Así mismo, es necesario llevar a cabo el estudio para estar al tanto y dar a conocer las características ecológicas relativas de los recursos marino-costeros que serían en nuestro caso.

Centrándonos un poco más en el tema, en la actualidad se han hecho muchos intentos de recuperación de sistemas ecológicos de arrecifes coralinos, pero muy poco ó de forma nula se ha considerado un estudio de caracterización a nivel de diversidad, es decir, se desconoce el índice de organismos dominantes o qué comunidad se definió como alfa, beta o gamma. La gran variedad de hábitats, recursos y las condiciones ambientales de este medio marino tienen una influencia muy significativa en la diversificación, distribución de especies en el océano, también como bioindicador ambiental debido al crecimiento poblacional de la zona costera con zonas de arrecifes de coral y por su fragilidad, que estos requieren de especial atención para evitar su degradación y el sitio seleccionado a estudiar; son los arrecifes coralinos situados en la Isla Salango localizada en el Parque Nacional Machalilla - Provincia de Manabí, dicha propuesta de estudio; se ejecutará en un periodo a largo plazo (indefinidamente), el mismo que, sus datos recolectados anualmente; serán presentados en un informe final y así tener en conocimiento los cambios efectuados a través del tiempo de las condiciones ecológicas del arrecife monitoreado.

Este parche coralino ubicado en la isla Salango que a su vez; está dentro del área de manejo de conservación del PNM presenta un gran valor ecológico como patrimonio ecuatoriano, que si no lo estudiamos y no lo conservamos debidamente, veremos como en un determinado tiempo se destruirá.

La caracterización de cualquier arrecife de coral en especial el de nuestro punto de estudio es un proceso continuo de descripción y evaluación de la condición ecológica del sistema con base a una serie de parámetros físicos, químicos, y biológicos. Y a futuro nos servirá para establecer una base contra la cual se puedan hacer comparaciones para detectar cambios a través del tiempo de las condiciones ecológicas del arrecife propuesto a estudiarse.

La línea de base a obtenerse mediante los monitoreos son estudiando la magnitud de la variabilidad de las características en el espacio (la variabilidad dentro de una misma zona del arrecife) y a lo largo del tiempo (meses, años). La información obtenida por el programa de muestreo a realizarse proveerá también una medida de la variabilidad a lo largo del tiempo, ampliando el conocimiento o caracterización ecológica del arrecife bajo estudio y a su vez, obtener una idea de la variabilidad natural (tanto en el espacio como en el tiempo) del grado de mantenimiento ecológico del arrecife, realizando muestreos constantemente y así detectar a tiempo cualquier alteración negativa que se esté produciendo en el ecosistema; para tomar medidas que lo mantengan en una buena calidad ecológica.

## **MARCO DE REFERENCIA**

La gran variedad de hábitats, recursos y condiciones ambientales del medio marino han tenido una influencia significativa en la diversificación y distribución de los microorganismos en el océano. Resulta complicado definir y caracterizar todos los “microorganismos” presentes en un medio tan heterogéneo en el cual coexiste una gran diversidad de formas, con hábitos de vida y características metabólicas y fisiológicas únicas.

Los arrecifes de coral son ecosistemas que se forman en la zona nerítica de la región tropical. La zona nerítica es aquella porción cercana a la costa que queda bajo agua a poca profundidad. Debido a esto, la luz solar en estas zonas llega hasta el fondo, permitiendo así que las plantas y algas marinas produzcan su propio alimento mediante el proceso de fotosíntesis. Debido al oleaje y las corrientes marinas, estas zonas reciben un flujo continuo de nutrientes, lo que las convierte en hábitats ideales para una gran diversidad de especies acuáticas.

Los arrecifes de coral son el producto de la secreción de exoesqueletos de carbonato de calcio por parte de los pólipos coralinos que son las unidades modulares de los corales. Las masivas construcciones de arrecifes que vemos hoy en día son el producto de millones y millones de pólipos durante años.

En los arrecifes coralinos coexisten una gran variedad y cantidad de organismos que han sido producto de numerosos procesos de especiación y diversificación favorecidos por la altísima diversidad de nichos en este ecosistema. Por su complejidad ecológica y su diversidad en forma y función, los arrecifes coralinos son frecuentemente equiparados con las selvas o bosques tropicales.

El estudio de la diversidad es un tema muy importante en la ecología de las comunidades y en ecosistema y nos permite determinar si el ecosistema se mantiene normal o si está sufriendo algunas alteraciones.

Los índices de de diversidad de riqueza, homogeneidad, dominancia y equidad nos permiten determinar si un ecosistema es virgen o si ha sido modificado por el hombre. Para determinar la diversidad, existen varios índices que se emplean, pero los que más utilizados son los de Shannon y Simpson; los mismos que serán empleados para nuestro estudio y así poder determinar la biodiversidad existente en el arrecife coralino que será monitoreado constantemente a largo plazo.

La biodiversidad indica cuantas distintas especies de animales se encuentran en un área determinada. Pero en los últimos siglos la biodiversidad se ha ido perdiendo por consecuencia de las actividades humanas, ya sea de manera directa (sobreexplotación) o indirecta (alteración del hábitat). Y gracias a los índices de diversidad nos permitirá hacer un análisis objetivo, una correcta evaluación y un buen monitoreo, para así; poder generar métodos de acción contra la destrucción de la biodiversidad y concientizar a la gente y darle un mayor interés hacia programas de conservación.

Para lograr este estudio, se llevarán a cabo monitoreos de Parámetros físicos, químicos y biológicos.

Los factores físicos-químicos y ambientales controlan el desarrollo y crecimiento de arrecifes coralinos en una localidad determinada, los rangos de distribución y diversidad de las especies que construyen y que habitan en el arrecife e influyen en la variación morfológica de tales especies.

Entre los factores físicos dependientes de la latitud más importantes tenemos la luz, la temperatura, las corrientes, los procesos de circulación y la disponibilidad de hábitats. Otros factores que también son importantes para el desarrollo de los arrecifes, aunque no dependen de la latitud, son la circulación superficial, la disponibilidad del sustrato, la calidad del agua, el aporte de nutrientes, los procesos ecológicos regionales y las barreras de dispersión.

El monitoreo biológico del arrecife de coral reflejará la diversidad existente en el área de estudio seleccionada y así, poder responder a cualquier cambio que ocurra a largo plazo.

Concluyendo así, que los índices de diversidad biológica nos permiten determinar la diversidad de organismos que forman parte de un ecosistema, y así; demostrar a través de números una distribución, a mas que también; nos permite determinar con números el impacto de la contaminación a los organismos dentro de un ecosistema, a pesar que la mayoría de los índices no fueron diseñados específicamente para determinar la biodiversidad, han sido de gran ayuda en los últimos siglos, para hacer conciencia de la preservación de los ecosistemas.

## **OBJETIVO GENERAL**

- ✓ Evaluar la biodiversidad existente en el ecosistema coralino presente en la Isla Salango, Parque Nacional Machalilla - Provincia Manabí – Ecuador a través de los índices de diversidad de riqueza (R), homogeneidad (S), dominancia (E) y equidad.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ✓ Describir las especies existentes en el ecosistema coralino de manera taxonómica.

- ✓ Identificar riqueza, dominancia, homogeneidad y equidad de las especies presentes en el ecosistema coralino a estudiar.
  
- ✓ Evaluar la biodiversidad del ecosistema coralino a través del tiempo para detectar cualquier alteración negativa y tomar medidas inmediatas.
  
- ✓ Comparar la diferencia de biodiversidad durante las diferentes estaciones del año (estación seca y lluviosa).
  
- ✓ Conocer la ecología y dinámica del ecosistema coralino.
  
- ✓ Identificar los posibles agentes causantes de cambios en la estructura de la biodiversidad existente en el ecosistema coralino.

## **IMPACTOS DEL PROYECTO**

### **a. CIENTÍFICO**

- Estudiar la biodiversidad existente en el arrecife coralino de la Isla Salango – PNM mediante el uso de índices de diversidad en riqueza, dominancia, homogeneidad y equidad, registrando y así establecer una base del ecosistema coralino, la cual será de ayuda; a la fácil determinación y realización de un

listado exacto y específico de especies taxonómicamente que conforman dicho ecosistema y la identificación de especies que sean vulnerables o se encuentran en mayor o menor riesgo.

## **b. SOCIAL**

- El hecho de realizar y establecer una base a través de monitoreos biológicos, físicos y químicos que caracterizan la diversidad del ecosistema hacen limitar las actividades de turismo de la zona debido a que ésta pasaría de ser de un área de fácil explotación de recursos a un área reservada debido a las especies que en el habitan.
- En el ámbito artesanal la pesca realizada por los comuneros del área se vería restringida de tal forma que el volumen permitido de acuerdo al estudio realizado afectaría los ingresos a los cuales estaban acondicionados cuando no había control de los recursos.

## **c. AMBIENTAL**

- Desde el punto de vista ambiental permitirá que al realizar un estudio de caracterización; éste influirá de manera determinante y radical en las actividades humanas ya que, actividades no planificadas por parte del ser humano contribuye a la pérdida de biodiversidad y por ende de nichos ecológicos que conforman el entorno.

# **METODOLOGÍA**

## **TEORÍA**

### **CAPITULO I ARRECIFES CORALINOS COMO SISTEMA ECOLOGICO**

#### **1.1 Descripción general**

Se define como una estructura constituida por seres vivos, que desde el fondo del mar se elevan hasta la superficie, y por sus dimensiones influyen en las características físicas y biológicas ambientales.

Su consistencia es tan sólida que resiste el embate del oleaje y forma así recintos de muchos años de duración. Sus habitantes presentan adaptaciones específicas y tienden a ocupar los nichos ecológicos disponibles. La base ecológica y física principal es proporcionada por los corales escleractinos, principales constructores arrecifales.

Los arrecifes coralinos conforman las comunidades más diversas del planeta. Estas comunidades marinas tropicales ocupan menos de 1% del fondo del océano, pero son habitadas por el 25% de todas las especies marinas existentes en la actualidad. Estos importantes ecosistemas constituyen además uno de los ambientes más antiguos sobre la tierra, pues ha existido por cientos o miles de años. La mayoría de los arrecifes que ahora vemos han estado creciendo y desarrollándose por más de 5000 años. Los arrecifes de coral se encuentran dentro de la jurisdicción de más de 100 países y ocupan más de 600000 kilómetros cuadrados de los océanos tropicales.

Un arrecife de coral básicamente es un tipo de arrecife biótico el cual tiende a desarrollarse en aguas tropicales. Se caracterizan por ser estructuras sólidas del relieve del fondo marino las cuales se forman de manera predominante por el desarrollo acumulado de las especies de corales pétreos. Aunque los corales suponen la mayor parte de la infraestructura y la masa de un arrecife de coral, los organismos más responsables en el crecimiento del arrecife son las algas calcáreas. Para garantizar el crecimiento del arrecife de coral se requiere una temperatura del agua de entre 20 y 28°C.

Es una estructura de piedra caliza que proporciona refugio para casi un cuarto de toda la vida marina que hay en los mares. Como uno de los más grandes y complejos ecosistemas del planeta, los arrecifes de coral son hogar de más 4,000 especies de peces, 700 especies de coral y miles de otras plantas y animales.

Muchas veces confundido como planta o roca, el coral se compone de animales diminutos y frágiles conocidos como pólipos y de los esqueletos de estos cuando mueren. Hay dos tipos de coral: el coral duro, cuya estructura de carbonato de calcio (también conocido como piedra caliza) forma los arrecifes de coral y el coral suave, que por su forma y flexibilidad se asemeja más a las plantas.

### **1.1.1 ¿Cómo se forma un arrecife de coral?**

Un arrecife de coral está formado por numerosas colonias de coral y diferentes variedades de algas, esponjas, sedimentos y moluscos. Son estructuras compuestas por muchas capas de pólipos y organismos vivos. Su crecimiento varía según la especie; siendo de 5 mm por año la variedad que menos crece. Los arrecifes de coral crecen principalmente en aguas cálidas, aunque los corales suaves pueden hacerlo en temperaturas más altas o más bajas, pero con una tasa de crecimiento mucho más lenta. "Su desarrollo más importante es en aguas poco profundas y

hasta los 12 metros, aunque podemos encontrarlos hasta una profundidad de 90 metros. No siendo aptos para el agua dulce, no están cerca de las desembocaduras de los ríos.”

**Reyes S. Betzaida, LOS ARRECIFES DE CORAL.**

Un arrecife de coral está formado por la acumulación de aspecto y consistencia similar a la roca, de exoesqueletos calcáreos (que contienen calcio) de animales de coral, algas calcáreas rojas y moluscos. “Construido capa a capa por los corales vivos que crecen sobre los esqueletos de las generaciones pasadas, los arrecifes de coral crecen hacia arriba a un ritmo de entre 1 y 100 cm. al año.” **Reyes S. Betzaida, LOS ARRECIFES DE CORAL.** Son de aguas tropicales.

Los arrecifes de coral son ecosistemas con estructuras bien definidas que agrupan tanto plantas fotosintéticas como consumidoras. La capa exterior de un arrecife está compuesta por pólipos de corales vivos. En el interior de los animales del coral viven las algas unicelulares zooxantelas. Por debajo, y rodeando a los pólipos, se encuentran los esqueletos calcáreos, tanto los vivos como los muertos, que contienen algas filamentosas.

**Siendo el arrecife de coral la comunidad vital más próspera que se conoce, alberga la máxima riqueza y variedad de criaturas, de modos de vida y de relaciones de conducta. Es un lugar que resulta un paraíso para todos los que se interesan por la vida en el mar, y muy especialmente para los buceadores deportivos. (BIBLIOTECA VIRTUAL. CAPITULO VII. ARRECIFES DE CORAL).**

### **1.1.2 Condiciones para el crecimiento de los arrecifes**

Los arrecifes coralinos son en realidad colonias de diminutos organismos llamados PÓLIPOS y para que dichos organismos se desarrollen necesitan una serie de requerimientos:

**Temperatura.-** El agua debe de contar con una temperatura anual mínima de 18°C en promedio; debido a esto, las islas y los arrecifes de coral están limitados a los mares cálidos, principalmente en la zona ecuatorial, entre los 30° de latitud Norte y Sur, con las aguas excepcionales.

**Transparencia del Agua.-** La turbidez de las zonas donde se desarrollan las colonias debe ser mínima, ya que los pólipos contienen grupos de algas llamadas Zooxantelas, con quienes viven en simbiosis; las Zooxantelas aprovechan al máximo la luz proveniente del sol para realizar fotosíntesis o proveer de algunas sustancias a la colonia, es por ello que los arrecifes de corales se desarrollan en aguas claras y transparentes.

**Salinidad.-** Es necesario que exista una salinidad marina (34-37 partes por mil gramos por litro) en promedio, ya que los arrecifes no se desarrollan en aguas por debajo de estos valores.

**Corrientes.-** "Debe existir un movimiento constante del mar y de preferencia, rico en oxígeno para el óptimo desarrollo de las colonias." (Reyes S. Betzaida, LOS ARRECIFES DE CORAL).

## 1.2 Biología del coral

Las especies básicas de estas biocenosis son los corales; a medida que los animales se multiplican en un sitio y añaden capa sobre capa de sus esqueletos calcáreos se forman grandes arrecifes compuestos de millones de criaturas pertenecientes a varios grupos de vegetales y animales. "Básicamente la unidad viviente del coral es el pólipo, el cual se encuentra constituido por un cilindro sujeto a su base por un extremo y tiene una corona de tentáculos en el otro; su tamaño y forma depende de la especie, específicamente el pólipo." (Reyes S. Betzaida, LOS ARRECIFES DE CORAL).

Se caracteriza por ser un individuo cuya forma es tubular, y con una corona de tentáculos que rodea su boca que se comunica con la cavidad gástrica. Los tentáculos tienen células especiales llamadas nematocistos, que tiene pequeños "arpones" que llevan una dosis pequeña de toxinas para capturar presas. Los tentáculos se extienden desde la copa del esqueleto (llamado coralito) cuando el pólipo se alimenta, y se retracta cuando hay presencia de peligro. El pólipo tiene tres capas en el cuerpo: una exterior (llamada epidermis), una interior (llamada gastrodermis) y entre ellas una con aspecto semejante a la gelatina (llamada mesoglea). Viviendo en la gastrodermis de los pólipos, existen pequeñas algas llamadas Zooxantelas, que ayudan a los pólipos, para la producción de su esqueleto, además de proveer de algunos nutrientes.

**Estos animales poseen células especiales, los nematocistos, distribuidos por la pared de su cuerpo, concentrados singularmente cerca de la boca, en los tentáculos, y capaces de inyectar en los enemigos o las presas una sustancia urticante, siempre molesta para el hombre y en ciertos casos peligrosa.** (Reyes S. Betzaida, LOS ARRECIFES DE CORAL).

### 1.2.1 Reproducción

La reproducción del coral varía dependiendo de la especie. Algunas especies son hermafroditas, produciendo tanto espermatozoides como huevos al mismo tiempo. Otras especies producen colonias de un solo sexo, por lo que una colonia produce solo espermatozoides y otra produce solo huevos. En la mayoría de las especies, el huevo y la

esperma se liberan en el agua donde la fecundación ocurre al azar, teniendo como resultado una larva de coral. La larva es atraída naturalmente a la luz y nada a la superficie del agua donde permanece por varios días o aún semanas. Luego vuelve al fondo del océano donde se adhiere a una superficie dura. “En esta etapa el pólipo de coral comienza a reproducirse asexualmente duplicándose y formando una colonia de coral, que cuando madura repite el ciclo sexual de la liberación de huevos y esperma.” (Coral Reef Alliance. **LOS ARRECIFES DE CORAL, CÓMO SE REPRODUCEN**).

**Extraordinariamente, en muchas partes del mundo, el desove en masa del coral ocurre en la misma noche una vez al año. Millones de huevos y esperma se liberan en el agua en el mismo anochecer en uno de los actos más asombrosos de sincronización conocido en el mundo natural.** (Coral Reef Alliance. **LOS ARRECIFES DE CORAL, CÓMO SE REPRODUCEN**).

### **1.3 Micro y macro-fauna del sistema coralino**

Los arrecifes de coral abrigan una fauna muy característica y en gran medida exclusiva, que contiene representantes de casi todos los grandes grupos animales con sus numerosas familias y especies. La gran belleza de los multiformes corales se ornamenta con formas de vida del más variado colorido, como insólitas gemas. Invertebrados y vertebrados, adquieren una gran importancia en esta polimorfa y polícroma población, todos ellos; adaptados a los hermosos tonos cromáticos del coral. (Reyes S. Betzaida, **LOS ARRECIFES DE CORAL**).

Son extraordinariamente complejas las relaciones que se establecen entre los componentes de esta comunidad, sólo comparables a las de las selvas tropicales, por lo intrincado y preciso de las interdependencias mutuas que ahí se desarrollan. Cada arrecife está dividido en una multitud de hábitats y en cada uno de ellos hay un lugar determinado para cada animal. El trabajo de miles de seres diminutos realiza el milagro de formar políperos maravillosos, extraños, creando selvas enmarañadas y quietas en las que se guarece multitud de organismos. El esfuerzo gigantesco de un sinnúmero de pólipos, tanto en los mares actuales como en los del pasado, da lugar a la formación de potentes arrecifes, islas enteras y rocas firmísimas que pueden llegar a constituir cordilleras y montañas. (**BIBLIOTECA VIRTUAL. CAPITULO VII. ARRECIFES DE CORAL**).

### **1.4 Simbiosis Mutualista presente en los arrecifes de coral**

La complejidad del arrecife de coral radica, en parte, en la evolución de diferentes tipos de relaciones simbióticas entre muchas de las diferentes especies que viven en el arrecife. Algunas de estas interrelaciones, son el mutualismo que beneficia a

ambas especies y el comensalismo que una de las partes recibe beneficios y a la otra le es indiferente.

#### 1.4.1 Zooxantelas

El mutualismo único entre los corales y sus Zooxantelas fotosintéticas, es la fuerza impulsora detrás del crecimiento y la productividad de los arrecifes de coral. Las Zooxantelas son fotosintéticos unicelulares dinoflagelados, que viven en los tejidos endodérmicos de pólipos de corales pétreos (intracelulares).

Éstas se encuentran representadas por los géneros: Zooxantella o Symbiodinium. Las zooxantelas son algas fotosintéticas que necesitan luz solar. Su concentración puede ser de hasta 1 millón de células por centímetro cuadrado. Por este motivo se encuentran de 25-70m de profundidad en aguas claras. A mayor profundidad, menor es la capacidad fotosintética de la Zooxantela. En esta simbiosis mutualista tanto el coral como la zooxantela se benefician. El coral le provee a la Zooxantela un ambiente seguro y nutriente tales como dióxido de carbono, fósforo y nitrógeno, componentes de desecho de la respiración celular del coral. A cambio sus hospedadores reciben productos fotosintéticos como oxígeno y moléculas orgánicas provenientes de la fijación de dióxido de carbono y aumentan su capacidad para depositar carbonato de calcio. A su vez los corales utilizan sus tentáculos con nematocistos para atrapar el plancton que está asociado a los arrecifes. Aún así la contribución energética total de la Zooxantela es mucho mayor que la obtenida del plancton. (Ramírez Jennie Dra. ARRECIFES DE CORAL.CÓMO SE ALIMENTAN LOS CORALES).

Aunque el suministro de zooxantelas es una parte importante de sus necesidades de energía, la mayoría de los corales también requieren zooplancton. La relación simbiótica entre los corales y las zooxantelas facilita un reciclaje de nutrientes apretado de ida y vuelta entre los dos. El grado en que el coral depende de las zooxantelas es específico de la especie. Corales ramificados parecen ser más auto-alimentar (autótrofos) que algunos de los corales masivos, en gran parte porque la forma de varias capas de crecimiento de corales ramificados permite una mayor superficie a la luz interceptar tanto horizontal como verticalmente. Esto permite a los corales a hacer uso máximo de los incidentes y la luz dispersada. Además de estas modificaciones del esqueleto, de los pólipos de corales ramificados tienden a ser pequeñas, lo que expone la superficie máxima de las Zooxantelas a la luz. (Ramírez Jennie Dra. ARRECIFES DE CORAL.CÓMO SE ALIMENTAN LOS CORALES).

## **MÉTODO**

### **CAPÍTULO II MONITOREO FÍSICO Y QUÍMICO**

#### **2.1 Descripción general**

Los factores físicos y ambientales controlan el desarrollo y crecimiento de arrecifes coralinos en una localidad determinada, los rangos de distribución y diversidad de las especies que construyen y que habitan en el arrecife e influyen en la variación morfológica de tales especies. Estos factores han sido desde tiempos inmemoriales determinantes en los procesos de evolución de las especies de los arrecifes.

Entre los factores físicos dependientes de la latitud más importantes tenemos la luz, la temperatura, las corrientes, los procesos de circulación y la disponibilidad de hábitats. Otros factores que también son importantes para el desarrollo de los

arrecifes, aunque no dependen de la latitud, son la circulación superficial, la disponibilidad del sustrato, la calidad del agua, el aporte de nutrientes, los procesos ecológicos regionales y las barreras de dispersión.

## **2.2 Monitoreo de Parámetros Físicos**

Dentro del proceso de monitoreo de parámetros físicos se considerará la toma de mediciones de factores como:

- Temperatura
- Oxígeno Disuelto
- Salinidad
- pH
- Corrientes
- Transparencia de Agua

Una vez finalizada la toma de datos, éstos serán registrados en la tabla de datos específica para parámetros físicos (Ver Apéndice V)

### **2.2.1 Temperatura**

La temperatura es el factor más importante en la distribución horizontal de los arrecifes coralinos, estando restringidos a la zona tropical entre los 24° N y 24°S. Existen temperaturas mínimas efectivas por debajo de las cuales a pesar de que los corales pueden sobrevivir, la construcción arrecifal no puede ser sostenida. La temperatura óptima para el crecimiento y desarrollo coralino varía según la disponibilidad de nutrientes en el medio y tiene efectos sinérgicos con la salinidad pero se considera óptimo rango entre 26° y 28°C (Veron, 1995).

### **2.2.2 Oxígeno Disuelto**

Necesario para la supervivencia de animales marinos; niveles bajos pueden ser indicativos de altas concentraciones bacterianas.

El oxígeno disuelto es la cantidad de oxígeno disponible para la respiración por los organismos acuáticos y se expresa como mg O<sub>2</sub> por litro de agua (o partes por millón, ppm).

### **2.2.3 Salinidad**

*Es de interés en áreas de arrecifes ya que; pueden estar sujetas a flujos de agua dulce (por ejemplo, aquellos cercanos a ríos), o alta salinidad y agua caliente proveniente de instalaciones donde se produce agua.*

### **2.2.4 Medida de pH**

Es poco probable que varíe mucho a través del tiempo, pero los cambios pueden ser indicativos de que el arrecife está siendo afectado por una nueva fuente de contaminación o por contaminación adicional de una fuente que ya ha sido identificada.

El pH de las aguas del arrecife (que se encuentra en el rango de 7.5 a 8.4) no varía mucho, pero su medida es valiosa en monitoreos a largo plazo ya que cambios en pH pueden indicar que el arrecife está siendo afectado por contaminación.

### **2.2.5 Corrientes**

Los movimientos de las masas de agua tienen gran influencia en la distribución de otras variables marinas tales como: temperatura, salinidad, concentración de nutrientes (silicatos, fosfatos, nitratos, entre otros). Se trata de un factor regulador de la evolución de los sistemas ecológicos marinos

### **2.2.6 *Transparencia del Agua y la luz***

La luz es el factor físico más importante que ha permitido la construcción de arrecifes a lo largo del tiempo y a su vez limita la distribución vertical de corales y arrecifes. Esto obedece al hecho que la construcción arrecifal sólo se da gracias a la asociación simbiótica de los pólipos de corales con microorganismos, específicamente dinoflagelados conocidos como zooxantelas.

Las zooxantelas mediante el proceso de fotosíntesis usan la energía solar sintetizar compuestos orgánicos a partir de CO<sub>2</sub>, nutrientes inorgánicos y agua y son primordiales para el proceso de calcificación mediante el cual es posible la deposición del exoesqueleto de los corales.

En esta asociación simbiótica aproximadamente un 90% del carbono fijado por la zooxantela es translocado al pólipo coralino como glicerol, glucosa y alanina. Nutrientes como el nitrógeno, y el fósforo que provienen de los desechos metabólicos del pólipo son compartidos con la zooxantela. Hoy en día sabemos que las zooxantelas son un grupo muy diverso y que en un individuo se pueden encontrar varios tipos de simbiontes a nivel de individuo delimita la distribución y ecología del blanqueamiento de los corales (Rowan y Knowlton, 1995; Rowan et al, 1997; Toller et al, 2001).

La cantidad de radiación solar que puede penetrar en la columna de agua para permitir el proceso de la fotosíntesis por las zooxantelas depende principalmente de la latitud, la profundidad y la claridad del agua. Por esta razón la distribución vertical de la parte viva del arrecife está limitada a los primeros 10 a 50 metros de profundidad.

La luz no solo limita el crecimiento arrecifal sino que es importante en la morfología de los corales, los cuales a mayor profundidad crecen de forma tal que maximizan su acceso a la luz. De igual forma, la luz es importante en los procesos de competencia

por espacio con las algas ya que éstas últimas pueden crecer mucho más rápido que los corales bajo condiciones óptimas de irradiación y en ausencia de herbívoros en desplazar a los corales.

### **2.3 Monitoreo de Parámetros Químicos**

Dentro del proceso de monitoreo de parámetros químicos se considerará la toma de mediciones de factores como:

- Clorofila: a
- Concentración Bacteriana: Coliformes totales
- Nutrientes inorgánicos: nitratos, nitritos, fosfatos y silicatos.

Una vez finalizada la toma de datos, éstos serán registrados en la tabla de datos específica para parámetros físicos (Ver Apéndice VI)

#### **2.3.1 Clorofila**

El fitoplancton, las plantas microscópicas que flotan a la deriva en la columna de agua, contiene clorofila, que captura energía de la luz del sol para la fotosíntesis. Midiendo la cantidad de la clorofila a principalmente una muestra de agua, se puede estimar las concentraciones del fitoplancton. Debido a que una afluencia de nutrientes puede causar un florecimiento de fitoplancton, un aumento en clorofila puede también indicar un aumento en nutrientes. (U.S. Environmental Protection Agency (1992) Method 445.0: In vitro determination of chlorophyll a and pheophytin a in marine and freshwater phytoplankton by fluorescence, *Methods for the Determination of Chemical Substances in Marine and Estuarine Environmental Samples*, Environmental Monitoring Systems Laboratory, Cincinnati, Ohio).

#### **2.3.2 Concentraciones bacterianas**

Resulta importante comprobar si existe contaminación bacteriana, ya que podrían darse por efluentes de embarcaciones, aguas residuales, tanques sépticos viejos, escorrentías agrícolas, etc. Las aguas marinas son examinadas generalmente para bacterias Coliformes. (Parsons, T.R., Maita, Y., Lalli, C.M. (1984). *A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis*, Pergamon Press, New York, NY).

#### **2.3.4 Nutrientes**

Los nutrientes se encuentran de forma natural en las aguas costeras y son requeridos por los organismos en el arrecife. Los arrecifes coralinos se encuentran típicamente en aguas cálidas con concentraciones muy bajas de nutrientes. Las

altas concentraciones de nutrientes pueden causar florecimientos de macro algas y fitoplancton. Especialmente en aguas poco profundas cercanas a la costa, la descomposición de estas algas puede reducir en gran manera las concentraciones de oxígeno disuelto, presentando una amenaza potencialmente mortal a los organismos del arrecife. La presencia de florecimientos de algas o bacterias puede indicar contaminación procedente de aguas residuales, domésticas e industriales y de escorrentías agrícolas. (Müller-Karger, F.E., McClain, C.R., Fisher, T.R., Esaias, W.E., Varela, R. (1989): "Pigment distribution in the Caribbean Sea: Observations from space," Progress in Oceanography, 23:23-64).

## **CAPÍTULO III MONITOREO BIOLÓGICO**

### **3.1 Descripción General**

El monitoreo biológico para arrecifes de coral debe reflejar la diversidad existente en el área de estudio seleccionada y así responder a cualquier cambio que ocurra a largo plazo.

Los índices de diversidad biológica nos permiten determinar la diversidad de organismos que forman parte de un ecosistema, y así; demostrar a través de números una distribución, a mas que también; nos permite determinar con números el impacto de la contaminación a los organismos dentro de un ecosistema, a pesar que la mayoría de los índices no fueron diseñados específicamente para determinar la biodiversidad, han sido de gran ayuda en los últimos siglos, para hacer conciencia de la preservación de los ecosistemas.

### **3.2 Metodología e índices de diversidad a emplearse en el control de colonias en el coral**

Las mediciones de diversidad frecuentemente aparecen como indicadores del buen funcionamiento de los ecosistemas. En el proceso de sucesión, el desarrollo de un ecosistema implica el incremento de la diversidad, estructura y organización. En la definición de la diversidad hay dos componentes:

- **Variación:** Riqueza y variedad: que puede expresarse como cantidad de tipos (variedades genéticas, especies, categorías de uso del suelo, etc.) como unidad de espacio o como una razón de tipos sobre cantidades.
- **Abundancia relativa de especies:** Abundancia y distribución de individuos entre los tipos.

Dos comunidades pueden tener la misma cantidad de especies pero ser muy distintas en términos de la abundancia relativa o dominancia de cada especie. Una comunidad no consiste en un grupo de especies de igual abundancia. Es normal el caso de que la mayoría de las especies son raras, mientras que un moderado número son comunes, con muy pocas especies verdaderamente abundantes.

### 3.3 El caso de la diversidad de especies

Las medidas de diversidad de especies pueden dividirse en tres categorías:

- **Índices de riqueza de especies:** son esencialmente una medida del número de especies en una unidad de muestreo definida.
- **Modelos de abundancia de especies:** describen la distribución de su abundancia.
- **Abundancia proporcional de especies:** algunos índices como los de Shannon y Simpson, que pretenden resolver la riqueza y la uniformidad en una expresión sencilla.

### 3.4 Índices de diversidad en la medición de diversidad de especies

Una de las razones primordiales de éste proyecto recae en la medición de la diversidad presente en un ecosistema coralino el cual es ejecutado mediante los índices de diversidad.

El uso de dichos índices busca representar de forma cuantitativa la representación de la identificación de especies de un área determinada, de donde los factores tales como biomasa, producción y productividad son los indicadores del funcionamiento del sistema. Es importante recalcar que el éxito de la aplicación de índices de diversidad en un análisis de estudio recae sobre dos componentes importantes las cuales son:

- Riqueza de especies
- Uniformidad

### 3.4.1 Índices cuantificables utilizados

Básicamente los índices de diversidad se definen como modelos matemáticos y de carácter estadístico que tienen como función representar la composición interespecífica de las comunidades que participan en un conjunto ecológico; manteniendo siempre una relación de especie por proporción de individuos. Dentro de los índices de diversidad contamos con:

- **Riqueza de especies**

Es la relación presente entre el número total de especies y el número total de organismos presentes

- **Equitabilidad de especies**

Se define como la medida de la proporción de individuos utilizada dentro de cada especie representando de ésta forma la dominancia dentro de la comunidad.

- **Homogeneidad**

Se define como una medida que expresa que tan similar es la abundancia de diferentes especies. Se calcula a partir del índice de riqueza de especies (S)

- **Índice de Shannon Wiener**

Éste tipo de índice es aplicado a comunidades muy grandes en nuestro caso el ecosistema coralino el cual está compuesto de infinidad de comunidades; al momento de ser aplicados debemos de tomar en cuenta dos aspectos importantes los cuales son la riqueza de las especie y la uniformidad de la distribución del numero de individuos pertenecientes a cada una de las especies registradas en el área.

$$H' = - \sum p_i \ln p_i^2$$

$$H' = 3.322 ( \log_{10} N - ( 1/N \sum n_i \log_{10} n_i ) ) \text{ donde:}$$

**$n_i$  = # de individuos de la especie.**

**N = # total de individuos de todas las especies.**

- **Índice de McIntosh**

A diferencia de los otros índices de diversidad el índice de McIntosh nos sirve para reconocer el índice estructural de dominancia presente en el área de estudio, cuya representación matemática es:

$$D = (N - U) / (N - N1/2).$$

**En donde:**

$$U = (\sum ni^2)^{1/2} \text{ y}$$

**ni el número de individuos pertenecientes a la especie i en la muestra.**

- **Índice de Margalef**

Es un tipo el cual lo utilizamos como un indicador del índice de riqueza de especies, el cual obedece a la expresión matemática

$$DMg = (S - 1) / \ln N,$$

**En donde:**

**S representa la riqueza o número de especies y N el número total de individuos de la muestra**

## **TÉCNICA**

### **CAPÍTULO IV MÉTODO**

#### **4.1 Monitoreo de Parámetros Físicos**

##### **4.1.1 Temperatura**

La temperatura es el factor más importante en la distribución horizontal de un arrecife. La temperatura del agua es un factor que determina qué especies pueden o no pueden estar presentes en un sistema. La temperatura afecta la alimentación, reproducción y el metabolismo de los animales acuáticos. Existen temperaturas mínimas efectivas por debajo de las cuales a pesar de que los corales pueden sobrevivir y la construcción de los arrecifes no puede ser sostenida. La temperatura óptima para el crecimiento y desarrollo coralino varía según la disponibilidad de

nutrientes en el medio y tiene efectos sinérgicos con la salinidad pero se considera óptimo rango entre 26° y 28°C.

La metodología a emplearse será en aire y agua, en nuestro caso de estudio; será con un **Termómetro** digital, con el mismo que se tomará lectura tres veces por día; en un horario de:

06h00 am: comienzo de la fotosíntesis,  
12h00 pm: máxima de fotosíntesis y  
18h00 pm: decaída de fotosíntesis

Teniendo en cuenta que la fotosíntesis es el principal factor de crecimiento de zooxantelas y por ende la simbiosis con los corales.

#### **4.1.2 Oxígeno Disuelto**

Este parámetro proporciona una medida de la cantidad de oxígeno disuelto en el agua. Mantener una concentración adecuada de oxígeno disuelto en el agua es importante para la supervivencia de organismos de vida acuática, en este caso, para los organismos presentes en nuestro ecosistema coralino. A medida que la temperatura del agua cambia, el máximo potencial del nivel del oxígeno disuelto cambia:

Menor temperatura = Mayor potencial del nivel de oxígeno disuelto.  
Mayor temperatura = Menor potencial del nivel de oxígeno disuelto.

El efecto de la temperatura se debe al hecho de que los organismos vivientes aumentan su actividad en agua tibia, requiriendo de más oxígeno para soportar su metabolismo. Niveles de oxígeno críticamente bajos ocurren frecuentemente durante el calor del verano cuando decrece la capacidad y aumenta la demanda de oxígeno, cuando coinciden la respiración de algas o la descomposición de la materia orgánica.

La metodología a emplearse será con un oxigenómetro digital. El oxígeno disuelto será medido al igual que la temperatura (tres veces por día) y posteriormente registrado.

#### **4.1.3 Salinidad**

La salinidad es uno de los parámetros químicos básicos, que ayuda a caracterizar un hábitat acuático costero. Es necesario que exista una salinidad marina (34-37 partes por mil gramos por litro) en promedio, ya que los arrecifes no se desarrollan en aguas por debajo de estos valores.

El método de medición a emplearse será con un Refractómetro de salinidad, que medirá la refracción de la curvatura de la luz al pasar por una solución para determinar la fuerza de la concentración de esta solución. Los datos serán tomados y registrados diariamente.

#### **4.1.4 Medida de pH**

El pH de las aguas del arrecife (que se encuentra en el rango de 7.5 a 8.4) no varía mucho, pero su medida es valiosa en monitoreos a largo plazo ya que cambios en pH pueden indicar que el arrecife está siendo afectado por contaminación. Poco probable que varíe mucho a través del tiempo, pero cambios pueden ser indicativos de que un arrecife está siendo afectado por alguna fuente de. Un pH alto o bajo puede causar varios efectos para cualquier tipo de vida acuática.

La metodología a emplearse será con un **Peachímetro** digital, con el cual, se tomará lectura y será registrado diariamente.

#### **4.1.5 Transparencia del Agua y la luz**

La luz es el factor físico más importante que ha permitido la construcción de arrecifes a lo largo del tiempo y a su vez limita la distribución vertical de corales y arrecifes. Esto obedece al hecho que la construcción de los arrecifes sólo se da gracias a la asociación simbiótica de los pólipos de corales con microorganismos, específicamente dinoflagelados conocidos como zooxantelas. La cantidad de radiación solar que puede penetrar en la columna de agua para permitir el proceso de la fotosíntesis por las zooxantelas depende principalmente de la latitud, la profundidad y la claridad del agua. Por esta razón la distribución vertical de la parte viva del arrecife está limitada a los primeros 10 a 30 metros de profundidad.

La medición vertical de transparencia del agua, será con un **Disco Secchi**, el mismo que será elaborado artesanalmente:

El disco estará dividido en cuatro secciones iguales que alternen los colores blanco y negro, a su vez; amarrado superiormente (con una cuerda que no se estire y marcada cada metro) para ser manipulado e inferiormente tendrá una pesa.

Las lecturas serán tomadas a la misma hora en los puntos establecidos para obtener buenos datos comparativos a largo plazo. De la misma manera se tomará **Transparencia horizontal con el** disco Secchi de forma perpendicular y a 0,5 m debajo de la superficie del agua; con el final de una cinta métrica; una segunda persona nadará lejos del disco con la cinta métrica hasta que el disco desaparecerá de su vista, después lentamente retrocede hasta que reaparece el disco, y se registrará la distancia.

#### **4.1.6 Oleaje y corrientes**

Debe existir un movimiento constante del mar y de preferencia rico en oxígeno para la buena dispersión de nutrientes y el óptimo desarrollo del ecosistema coralino. Se llevará un registro indicando la fluctuación del oleaje y se lo observará dos veces por día, en un horario de 06h00 am y 12h00 pm.

### **4.2 Monitoreo de Parámetros Químicos**

#### **4.2.1 Clorofila**

*El análisis de clorofila será el de pigmentación "a". Las muestras serán recolectadas mensualmente en dos envases herméticos de 500 ml (1ro: muestra original y 2do: réplica), los mismos que estarán forrados de papel aluminio para que no penetre la luz solar y luego serán mantenidos en un cooler para ser llevados hasta el laboratorio de análisis. Para nuestro estudio; será el INOCAR quien nos preste el servicio de análisis de parámetros químicos.*

#### **4.2.2 Concentraciones bacterianas**

Las aguas marinas son examinadas generalmente para bacterias Coliformes. En nuestro caso de estudio, si tomamos en cuenta este parámetro ya que la isla Salango se encuentra a pocos kilómetros frente a la costa habitada y también existe una fábrica de harina de pescado que al final puede influenciar en los resultados obtenidos.

*Las muestras serán recolectadas mensualmente en dos envases herméticos de 500 ml (1ro: muestra original y 2do: réplica), y serán mantenidos en un cooler para ser llevados hasta el laboratorio de análisis. Para nuestro estudio; será el INOCAR quien nos preste el servicio de análisis de parámetros químicos.*

#### **4.2.3 Nutrientes**

Los nutrientes se encuentran de forma natural en las aguas costeras y son requeridos por los organismos en el arrecife. Los arrecifes coralinos se encuentran típicamente en aguas cálidas con concentraciones muy bajas de nutrientes. Las altas concentraciones de nutrientes pueden causar florecimientos de macro algas y

fitoplancton. Especialmente en aguas poco profundas cercanas a la costa, la descomposición de estas algas puede reducir en gran manera las concentraciones de oxígeno disuelto, presentando una amenaza potencialmente mortal a los organismos del arrecife. Idealmente, los sedimentos en la columna de agua se muestrean por lo menos cuatro veces al año.

Para monitorear los nutrientes en el sistema del arrecife se recolectarán mensualmente muestras de agua en dos envases herméticos de 1000 ml (*1ro: muestra original y 2do: réplica*), y serán mantenidos en un cooler para ser llevados hasta el laboratorio de análisis. Para nuestro estudio; será el INOCAR quien nos preste el servicio de análisis de parámetros químicos.

Los nutrientes inorgánicos disueltos a analizarse serán: nitratos, nitritos, silicatos y fosfatos.

### **4.3 Monitoreo Biológico**

Dentro del esquema que abarca nuestro proyecto la caracterización o determinación del área a estudiar es un paso imprescindible para la elaboración de estrategias de conservación y aprovechamiento. Básicamente nuestro programa de monitoreo biológico busca resumirse en los siguientes puntos no solo de control sino también de apoyo a nuestro estudio; tales como:

- ✓ Realizar un inventario para caracterizar el estado o condición inicial del ecosistema; dicha caracterización será llevada a cabo mediante el uso de los índices de diversidad anteriormente mencionados los cuales nos permitirán realizar periódicas evaluaciones a través del tiempo.
- ✓ Documentar sobre cambios sutiles en la disposición de sistema a estudiar.
- ✓ Documentar acerca de cambios relacionados en los índices de diversidad debido a eventos agudos como: derrames de hidrocarburos, daños por anclas o encallamientos; o eventos crónicos como: aumento en niveles de sedimentación o cambios de salinidad.

#### **4.3.1 Monitoreo de Colonias Individuales de Corales:**

##### **4.3.1.1. Recopilación de base de datos:**

En esta etapa de recopilación de nuestra base de datos partiremos con la selección del área candidata al programa de monitoreo biológico la cual será escogida por mayor actividad ecológica de acuerdo a los componentes considerados en el proyecto.

El proceso se inicia con el marcaje de colonias, en donde el factor seguimiento es importante para así poder realizar una evaluación de los

resultados obtenidos en un plazo determinado; dicho seguimiento se podrá llevar a cabo mediante el monitoreo de la zona. El objetivo de realizar monitoreos es evaluar el estado inicial del ecosistema coralino y por ende los valores en los que fluctúan los índices de diversidad.

La zona de los arrecifes serán marcados a nivel de marco, que es básicamente el límite geográfico del área para luego proceder si a marcar mediante el uso de placas de metal o plástico biodegradable en la base del coral con la finalidad de registrar el estado de salud y crecimiento, dicho monitoreo será supervisado de forma mensual en intervalos de inspecciones semanales.

Los datos que procederemos a registrar son:

- Fecha
- Coordenadas de la zona
- Especie
- Diámetro
- Altura
- Tipo de relación ecológica
- Microorganismos dependientes

Una vez que se haya concluido con el marcaje de colonias, continuaremos con la pertinente identificación de las especies.

Dentro de un ambiente de arrecifes coralinos las especies contribuyentes son varias de tal forma que para la respectiva identificación procederemos a realizarlo de forma taxonómica lo cual haremos uso de claves dicotómicas, que básicamente nos guiará paso a paso mediante descripciones y formas que presenta la especie a identificar, llevándonos así; hasta el respectivo género y nombre científico de cada especie.

Es importante también mencionar que muchas veces las especies podrían ser identificadas debido a la práctica de cada uno de los buzos por lo que la experiencia y práctica es otro recurso considerado para la identificación.

La siguiente etapa de la recopilación será el respectivo registro de la condición del coral para el cual; utilizaremos el uso de abreviaturas y/o símbolos que busque representar de manera fácil y concisa la descripción de cada una de las colonias que han sido previamente identificadas.

Dicho registro también tendrá como medio de ayuda o soporte la fotografía submarina de la colonia, el registro fotográfico buscará representar el área de estudio seleccionado de cuatro ángulos diferentes: salientes (esquinas), frontal, superficie y de interacción general.

#### 4.3.1.2. Unidades de Muestreo:

Debido a la naturaleza y enfoque de nuestro estudio, el tipo de escala de monitoreo que escogimos es a escala, si bien es cierto que consume más tiempo de estudio y por ende es más caro en cuanto a los recursos de investigación de monitoreo (equipo scuba) disponibles; éste tiene la ventaja de ofrecer más detalle y precisión de obtención de resultados en dependencia de áreas pequeñas. (Nuestro caso).

Dentro de las escalas media buscamos combinar metodologías para así realizar un estudio enfocado a los detalles y precisión de los índices de diversidad del área para lo que optamos por considerar y aplicar:

1. **Tiempo de nado o buceo estacional:** me ayudará a identificar a mayor escala la diversidad de especies. Comprende la observación de cada especie presente en el área delimitada a nivel de superficie, es decir, por cada 3 metros de profundidad se realiza una parada o primera estación para divisar que especies sobrenadan el área hasta llegar al sustrato.
2. **Cuadrante:** con la opción de cuadrantes lo que buscamos es medir de forma porcentual la cobertura del área acarreado la diversidad de especies, su abundancia relativa, densidad y tamaño. Su aplicación nos permitirá realizar el reclutamiento de los corales para posteriormente enlazarlo al marcaje de colonias. Determinaremos áreas de 3x3; dependiendo del tamaño del coral para luego proceder a realizar cercos en el área; en donde analizaremos todo aquello que se encuentre dentro del área del cuadrante o en las líneas del mismo.
3. **Transecto lineal:** a diferencia del cuadrante éste nos otorga el dato de estimación del índice espacial a más de brindarnos el porcentaje de cobertura y la diversidad de especies. Para mayor seguridad del monitoreo esta opción de transecto será respaldada con un video-transecto el cual nos brindara mayor precisión y detalle no solo a nivel de superficie sino también a nivel medio.

#### 4.3.1.3 Frecuencia del Monitoreo:

Para permitir resultados y análisis efectivos en el monitoreo de un sistema, se debe en primera instancia regirse al cronograma de actividades para los dos componentes de monitoreo (estacional), para un periodo de X años La frecuencia del mismo se dará en intervalos semanales; es decir dos monitoreos divididos en diurnos y nocturnos por semana a partir de Diciembre (fecha inicio de programa de monitoreo) hasta Septiembre (fecha de fin de programa de

monitoreo); el cuál básicamente permite la recolección de datos del arrecife y por ende la documentación de la evolución de los índices considerados. MANUAL PARA EL MONITOREO DE ARRECIFES DE CORAL EN EL CARIBE Y EL ATLÁNTICO OCCIDENTAL.

La frecuencia de nuestro monitoreo biológico estará estrechamente ligada con la disponibilidad de los recursos del proyecto las cuales están dadas en términos de: personal capacitado, condiciones del sistema y la incidencia de eventos externos tales como:

- Eventos meteorológicos particulares (lluvias, oleajes, etc.)
- Desarrollos en la actividad turística (actividades de snorkel, buceos, etc.)

Todo esto, en base a un cronograma de actividades ya establecido, el mismo que se presenta como un estudio a largo plazo, pero cronogrado para un año de monitoreo.

#### **4.3.1.4.- Análisis de Datos:**

Identificación del tipo de variables a trabajar en el proceso de análisis

- Variables dependientes (las cuales mediremos en el estudio)
- Crecimiento de microorganismos dependientes del sustrato
- Reproducción de micro y macro organismos (muestreo universal – ecosistema)
  - Variables independiente (las cuales se van a manipular a lo largo del proceso)
    - Nutrientes
    - Temperatura

#### **4.3.2. Comparación de Métodos de Monitoreo**

Tiempo de nado, Cuadrantes, Transectos y video-transectos son alternativas para obtener y documentar la información necesaria para medir por ciento de cobertura, diversidad de especies y abundancia relativa, cada método tiene sus ventajas y limitaciones. Lo ideal es que un proyecto de monitoreo de arrecifes de coral incluya más de un método cuando sea apropiado. MANUAL PARA EL MONITOREO DE ARRECIFES DE CORAL EN EL CARIBE Y EL ATLÁNTICO OCCIDENTAL.

De acuerdo a las opciones de métodos investigados para realizar un buen monitoreo de nuestro ecosistema coralino, nosotros, los hemos comparado a nivel de: recurso

requerido, datos obtenidos (para los cuales no existe), daños provocados, limitaciones y la obtención de datos a nivel de porcentaje de cobertura.

#### **4.3.2.1 Transectos**

En ecología, un transecto es una técnica de observación y recogida de datos, dónde haya una transición clara - o supuesta - de la flora o de la fauna o de parámetros ambientales, es útil hacer un estudio detallado a lo largo de una línea (real o imaginaria, que denominaremos transecto) que cruce la zona. La posición del Transecto se debe indicar con claridad y precisión en un mapa o croquis de la zona. MANUAL PARA EL MONITOREO DE ARRECIFES DE CORAL EN EL CARIBE Y EL ATLÁNTICO OCCIDENTAL.

En todo el estudio utilizaremos un GPS, el mismo que, nos servirá para conocer la orientación (coordenadas) de cada monitoreo que se esté realizando.

##### **4.3.2.1.1. Transecto lineal**

Utilizaremos este tipo de Transecto ya que por medio de este método se omitirán las alturas de los desniveles del suelo (en nuestro caso, varían entre 5 y 20 metros de profundidad), y se considerará que toda la línea del transecto está a la misma altura, y así simplemente nos servirá para obtener un registro de las especies.

#### **4.3.2.2. Cuadrantes**

Utilizaremos también, cuadrantes en nuestro estudio; básicamente para realizar toma de muestras de forma aleatoria dentro del ecosistema coralino, para así, establecer de forma representativa los resultados de acuerdo al área tomada.

#### **4.3.3. Fotografía Submarina**

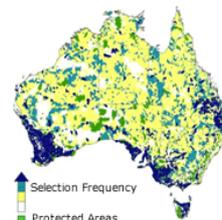
Cada colonia será fotografiada desde su mejor ángulo de representación o grabada en cinta de video cuando la registremos por primera vez. A su vez; una mejor opción para nuestra base de datos; será que podríamos laminar las fotografías y llevarlas en cada monitoreo para evaluar posibles cambios.

Las fotografías se utilizan para un análisis cualitativo más que cuantitativo porque es imposible reproducir exactamente el ángulo y la distancia de la cámara fotográfica. MANUAL PARA EL MONITOREO DE ARRECIFES DE CORAL EN EL CARIBE Y EL ATLÁNTICO OCCIDENTAL.

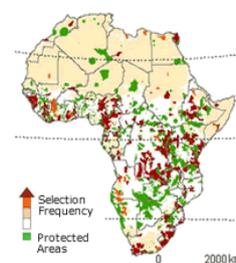
## CAPITULO V ANALISIS DE DATOS

### 5.1 Análisis Multivariados, utilizando Índices de Similitud y Distribución Geográfica.

- **Software para la medición del Índice Biótico Marino AMBI (AZTI' Marine Biotic Index)**
- **CODA** (Mike Bedward) proporciona un algoritmo voraz para el diseño y selección de las redes de diversidad en reservas, áreas protegidas o áreas propensas a realizar estudios de línea base. Se ha utilizado en los estudios de reserva urbanística anterior y como un recurso didáctico.
- **C-PLAN** (Matthew Watts and Bob Pressey) es una de las principales herramientas para ayudar al diseño de redes de reservas naturales o áreas protegidas. Su característica principal es el cálculo de superficies continuas de irremplazabilidad en los mapas. Se puede acoplar con MARXAN y se ha utilizado para los estudios de reserva importante de planificación, como recurso de enseñanza y de investigación de métodos de planificación de la conservación.
- **MARXAN** (Ian R. Ball and Hugh P. Possingham) ofrece apoyo a las decisiones para el diseño de reserva del sistema. Se encuentra soluciones razonablemente eficientes para el problema de seleccionar un sistema de



*Klein et al. 2008a*



*Rondinini et al. 2006*

sitios espacialmente coherentes que respondan a un conjunto de metas de diversidad biológica. Teniendo en cuenta los datos razonablemente uniforme sobre las especies, hábitats y / u otros elementos pertinentes y la biodiversidad sustitutos para un número de unidades de planificación (hasta 20.000) MARXAN minimiza el costo cumpliendo con los objetivos definidos por el usuario de la biodiversidad. Marxan es software disponible libremente planificación de la conservación. Proporciona apoyo a las decisiones a una serie de problemas de planificación de la conservación, incluyendo:

- El diseño de sistemas de reservas nuevas
  - Informar del funcionamiento de los sistemas de reserva existentes
  - El desarrollo de usos múltiples planes de zonificación para la gestión de los recursos naturales
- **MultCSync** (Sahotra Sarkar, Justin Garson, and Alexander Moffett) implementa varias técnicas para hacer frente a los compromisos entre soluciones alternativas valoradas con la diversidad biológica y los criterios sociales, para su uso junto con los paquetes de software de reserva de selección que garanticen la biodiversidad representación sustituta. Estos paquetes incluyen ResNet (Kelley et al. 2002; Sarkar et al. 2002), C-Plan (Pressey, 1999) y Marxan (Ball y Possingham 2000).
  - **NatureServe Vista (Commercial)** se basa en ArcMap 9.1 de ESRI, el SIG que más se usa la cartografía de tecnología. Ofrece un sistema de soporte de decisiones (DSS) que integra la información de conservación con los patrones de uso de la tierra y las políticas, proporcionando los planificadores, administradores de recursos, y las comunidades con las herramientas para ayudar a manejar sus recursos naturales. Permite a los usuarios crear, evaluar, implementar y monitorear el uso del suelo y los planes de gestión de los recursos que operan en el contexto actual económico, social y político para alcanzar las metas de conservación.
  - **Surrogacy** (J. Garson and S. Sarkar) es una herramienta de evaluación para medir la eficiencia de un determinado estimador-sustituto para representar una medida de la Convención de Biodiversidad (verdadero sustituto) en un paisaje dado, el apoyo a las decisiones para establecer prioridades lugar.
  - **Reserves.xla** (Robert A Briers) es un complemento para Microsoft Excel para implementar algoritmos para la elección de sitios para ser incluidos en una red de reservas. Todos los detalles de los algoritmos y sugirió usos se dan en Matorrales RA (2002) La incorporación de la conectividad en los procedimientos de selección de reservas. Conservación Biológica 103: 77-83.

## 5.2 Representación Estadística de resultados Descriptivos

- Diagramas de dispersión.
- Diagrama de cajas y barras de biomasa de acuerdo a transectos trazados y cuadrantes.

- Representación gráfica de los índices de diversidad y el predominio del mismo.

Para la representación de dichos datos y gráficos estadísticos utilizaremos Microsoft Office Excel 2007, haciendo uso de las fórmulas facilitadas por el programa. Dentro de los criterios a considerar para la representación de datos estadísticos consideraremos las siguientes variables:

- ✓ Riqueza vs. Variedad
- ✓ Abundancia vs. Distribución de individuos
- ✓ Riqueza vs. Uniformidad
- ✓ Crecimiento de organismos vs. Disponibilidad de sustrato
- ✓ Reproducción vs. Temperatura

## ACTIVIDADES

<b>Nº</b>	<b>Actividad</b>	<b>Fecha Inicio</b>	<b>Fecha Fin</b>	<b>Recursos Materiales</b>	<b>Recursos Humanos</b>	<b>Costo de la Actividad</b>
<b>1</b>	Recolección de muestras en los arrecifes- Isla Salango (Buceo Científico)	Diciembre	Septiembre	Materiales Monitoreo Biológico y Equipo Scuba	Buzos capacitados (Equipo de Buceo o estudiantes voluntarios capacitados)	US\$ 1212.65 (Presupuesto para un equipo Scuba)
<b>2</b>	Análisis de parámetros Físicos	Febrero	Noviembre	Materiales Monitoreo Físico	Personal con conocimientos previos	US\$ 3633.00
<b>3</b>	Análisis de 12 muestras de parámetros Químicos	Febrero	Noviembre	Materiales Monitoreo Químico	Personal especializado en laboratorios INOCAR	US\$ 134.40
<b>4</b>						

	Revisión y Análisis de Datos obtenidos y recopilados	Febrero	Noviembre	Computadora, Cd's de programas	Personal a cargo de la ejecución del Proyecto	US\$ 2000.00
5	Esquematización de Representación gráfica de resultados	Septiembre	Noviembre	Computadora, Cd's de programas (Multivariados)	Personal a cargo de la ejecución del Proyecto	US\$ 650.00
6	Revisión de Informe Final del Proyecto	Septiembre	Noviembre		Personal a cargo de la ejecución del Proyecto	US\$ 500.00
<b>COSTO TOTAL PROYECTO</b>						<b>US\$ 8130.05</b>

## PRESUPUESTO

A continuación procedemos a detallar el fundamento de nuestro proyecto en lo concerniente a equipos de trabajo a utilizar y el tipo de análisis con sus respectivos valores cotizados. Las empresas las cuales fueron consultadas fueron: CODEMET, SUBACQUA, MUNDO MARINO.

**Costo aproximado de Equipos US\$**

**Año: 2010**

### Monitoreo Físico

MATERIAL	VALOR
GPS (Global Positioning System)	290.00
Termómetro Digital	700-1000
Metro para Oxígeno Disuelto	1275-1500
Refractómetro	600
Metro para pH	228
Disco Secchi	15.00

### Monitoreo Químico

<b>ANÁLISIS</b>	<b>VALOR</b>
Clorofila "a"	
Nutrientes inorgánicos (Nitratos, Nitritos, Fosfato y Silicato)	\$ 60.00
Crecimiento bacteriano (Coliformes Totales)	\$ 60.00

### **Monitoreo Biológico**

<b>MATERIAL</b>	<b>VALOR</b>
<b><i>Instalación de Marcadores</i></b>	
Estacas para el estudio (30" de largo) por unidad	3.25
Cable plástico por metro	3.30
Etiquetas numeradas	0.25
Clavos por libra	2.75
Pizarra Subacuática	13.75
Tabla para datos con sujetapapeles	3.00
Hojas Myllar o papel a prueba de agua por 25 unidades	17.00
Libreta de campo	1.25
Lápiz de grafito	1.50
Linterna (monitoreo a mas de 5 metros)	42.00
Cooler	28.00
Cámara fotográfica acuática	350.00
<b><i>Equipo Scuba</i></b>	
Neopreno de 5mm.	265.00
Regulador con consola y Octopus	120.00
Tanque de oxígeno	83.00
Chaleco	77.00
Máscara y Snorkell	59.00
Aletas	32.00
Cinturón con plomos	17.50
Recarga de Oxígeno	3.50

### **TRANSPORTE**

<b>MATERIAL</b>	<b>VALOR</b>
Lancha por flete diario	25.00
Gasolina para embarcación por galón	1.50

### **OTROS**

<b>MATERIAL</b>	<b>VALOR</b>
Computadora	300-1800

Cd de programas (multivariados)	300-650
textos de consulta	40-200

## CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

**Lugar:** Parque Nacional Machalilla- Provincia de Manabí

**Sitio:** Isla Salango 1°35'38" S - 80°52'22" O

Estudio a largo plazo, el cual permitirá detectar cambios o perturbaciones naturales de los corales importantes presentes en los arrecifes coralinos de la Isla Salango- P.N.M., para evaluar amenazas y la efectividad de acciones de manejo.

### Programa de Actividades:

Presentación de calendario de actividades para los dos componentes de monitoreo (estacional), para un periodo de X años ya que su estudio es a largo plazo:

Cronograma												
	Mes 1 Dic	Mes 2 Ene	Mes 3 Feb	Mes 4 Mar	Mes 5 Abr	Mes 6 May	Mes 7 Jun	Mes 8 Jul	Mes 9 Ago	Mes 10 Sep	Mes 11 Oct	Mes 12 Nov
<i>Recolección de muestras en los arrecifes Isla Salango (Buceo</i>	x			x			x			x		

<i>Científico)</i>												
<i>Análisis de muestras</i>		x	x		x	x		x	x		x	x
<i>Recolección de datos de parámetros Físicos-Químicos</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Análisis de datos</i>			x			x			x			x
<i>Revisión de Datos</i>			x			x			x			x

## POSIBLES RESULTADOS

- 1 Formar una base de datos en la que se describa taxonómicamente las especies existentes y/o presentes en el ecosistema coralino.
- 2 Una de las posibles variantes que afectaría la determinación de la diversidad del arrecife coralino es debido a que una diversidad determinada es afectada por factores como la mutación o la selección natural influyendo así de ésta forma una caracterización legítima de ecosistema.
- 3 Mediante la realización del proyecto otro de los resultados que esperamos obtener es la definición y aplicación de futuros métodos basados en la distribución proporcional del valor de importancia de cada especie tales como: abundancia relativa de los individuos, su biomasa, cobertura, productividad, etc.
- 4 Mediante la aplicación de los índices de diversidad de riqueza (R), homogeneidad (S), dominancia (E) y equidad; esperamos poder evaluar la biodiversidad que se encuentra

presente en el ecosistema coralino perteneciente a la Isla Salango, Parque Nacional Machalilla - Provincia Manabí – Ecuador.

- 5 Conseguir puntualizar de forma específica las especies existentes en el ecosistema coralino a nivel taxonómico.
- 6 A través de monitoreos poder realizar evaluaciones de la biodiversidad del ecosistema coralino a través del factor tiempo con al finalidad de detectar cualquier alteración negativa y tomar medidas preventivas de carácter inmediato.
- 7 Realizar comparaciones para analizar la diferencia de biodiversidad durante las diferentes estaciones del año (estación seca y lluviosa); la cual nos permitirá tener un mejor conocimiento y entendimiento de la ecología y dinámica del ecosistema coralino.
- 8 Identificar los posibles agentes causantes de cambios en la estructura de la biodiversidad existente en el ecosistema coralino.

## **RECOMENDACIONES**

- Es muy importante establecer el diseño de investigación en el ámbito de monitoreos biológicos y por ende realizar una buena selección de la muestra con ayuda de la definición de las unidades experimentales para de esa forma obtener resultados específicos al evaluar y caracterizar por medio de los índices de diversidad un ecosistema determinado.
- Es de gran importancia también, definir y establecer métodos basados en la distribución proporcional del valor de importancia de cada especie tales como: abundancia relativa de los individuos, su biomasa, cobertura, productividad, etc.
- La metodología para el Monitoreo tanto Físico-Químico o Biológico a utilizarse en el monitoreo será flexible y combinada para evitar un muestro excesivo o muy pobre.

- Es muy importante determinar el tamaño de la muestra la cual va a involucrar el sector o segmento de la población que estaría sujeta a los monitoreos no solo físico-químico sino también biológico.
- La definición del tipo de índice a utilizar en el proceso de caracterización de la diversidad del arrecife es primordial ya que de esa forma se consideran solo los criterios a evaluar de forma específica más no general y/o universal.
- Al tener como ayudantes a estudiantes para efectuar el proyecto, se requerirá tiempo para entrenarlas, por lo cual sería más factible trabajar con personas ya especializadas o al menos que tengan un mejor conocimiento en el tema.

## **CONCLUSIÓN**

En base al planteamiento teórico de nuestro proyecto lo que podemos concluir es que el análisis previo de un área de estudio para el posterior planteamiento de una base de datos del mismo, no es solo un factor de gran importancia; sino que, es el requisito oficial para cualquier desarrollo de proyecto; ya que con el estudio en este caso de los índices de diversidad los cuales abarcan homogeneidad, riqueza, dominancia y equidad determinaremos la jerarquía de los niveles de biodiversidad presentes en el ecosistema coralino; para así, conjuntamente poder conocer cambios del entorno que podrían llegar a afectar la composición de dicho ecosistema a largo plazo.

Es importante mencionar que la realización de este proyecto a futuro también es de gran ayuda para futuros planes de manejo y sustentabilidad que se quieran aplicar al área determinada de ensayo, ya que como toda área geográfica de ecosistema; éste se encuentra vulnerable a actividades sociales realizadas por locales como; pesca, turismo o

investigación; de las cuales muy poco o nada se conoce acerca de la localidad generando así una destrucción no voluntaria o planificada sin opción a la protección adecuada, debido a la carencia de conocimientos. Es por eso que la realización de esta base de datos del ecosistema coralino de la Isla Salango debe de ser realizada no solo de forma general experimental y descriptiva sino realizada en los tres niveles de monitoreo: físico, químico y biológico siendo éste último el de mayor énfasis.

# APÉNDICES

## APÉNDICE I

**Proforma para materiales a emplearse en el Monitoreo Biológico:**



# MUNDO MARINO

De: REINOSO MANCHENO CESAR ARNALDO

VENTAS DE PRODUCTOS DEL MAR - REDES  
TRASMALLO - Y ARTICULOS DE BUCEO

Argentina 200 y Eloy Alfaro - Telefax: 2415264 - 2410720  
Cel.: 094561224 • e-mail: mundomarinoguillecua@yahoo.com  
Guayaquil - Ecuador

R.U.C.: 0902236835001

**PROFORMA**

**Nº 002616**

Guayaquil, Marzo 20 / 2010

Cliente: Sta Marina Tones

Dirección: \_\_\_\_\_ GUIA DE REMISION: \_\_\_\_\_

Teléfono: \_\_\_\_\_ R.U.C.: \_\_\_\_\_

Cant.	DESCRIPCIÓN	P. Unit.	VALOR
1	TRASE BUCEO 7mm 2 CUERPOS M		265. <sup>00</sup>
1	TRASE BUCEO 7mm 2 CUERPOS L		265. <sup>00</sup>
1	TRASE BUCEO 7mm 1 CUERPO L		215. <sup>00</sup>
3	VISORAS UNIDIVE 4 VENT	40. <sup>00</sup>	120. <sup>00</sup>
3	SNORKEL UNIDIVE 7708	18.90	56.70
1	GPS GARMIN MAP 76 CX COLOR		490. <sup>00</sup>
1	LINTERNA MINI CLITE BUCEO		42. <sup>00</sup>
3	PARAS ALETAS UNIDIVE	32	96. <sup>00</sup>
1	CINTURON EVILHA PLAST		8.50
10	PLOMOS 4LB 9/C	9.	90. <sup>00</sup>
Son: 1 REGULADOR + 12% IVA.		SUBTOTAL	250. <sup>00</sup>
		IVA 0%	_____
		IVA %	_____
		TOTAL \$	_____

Recibí Conforme



PROFORMA VALIDA HASTA MARZO 21, 2010

Cliente	MARINA TORRES	Fecha Pedido	Marzo 16, 2010
Dirección		Hora Pedido	12:30:58
R.U.C.		Vendedor	ALEXANDRA (003)
Teléfono		Forma Pago	CONTADO
Observación			
Zona/Club			

CAN	PERCHA	MARCA	ARTICULO	DESCRIPCION	BOD	VAL. UNI.	ENTO	TOTAL
1		HENDERS	127378 - 5630WF/5630WF	WETSUIT 3MM WEDSPORT DOS PIEZAS MUJ	001	187.00		187.00
1		HENDERS	127338 - 11730W	WETSUIT 3MM MUJER 2 PIEZAS REGULAR-M	001	177.00		177.00
1		HENDERS	127416 - 5635WF/5630WF	WETSUIT 3MM WEDSPORT DOS PIEZAS HOM	001	196.77		196.77
6		GENESIS	125100 - AL0080	TANQUE 80	001	290.00		1,680.00
5		US DIVER	106251 - 356404	BC WAVE LARGE	001	336.00		1,614.00
2		US DIVER	100240 - 105100	REGULADOR CALYPSO	001	252.00		789.00
2		US DIVER	120255 - 116960	OCTOPUS AIR	001	95.00		285.00
2		OCEANIC	105122 - 041835	CONSOLA 150' OIL FILLED	001	169.00		507.00
5		US DIVER	102176 - 62512	ALETA CARAVELLE AJUSTABLE REGULAR	001	79.50		238.50
1		US DIVER	102165 - 1000655/6	ALETA PROFLEX MQ	001	35.90		35.90
1		HENDERS	104186 - 56502-11	BOTA MED SPORT SUMMITOP #11	001	53.17		53.17
1		US DIVER	102165 - 637140	ALETA CARAVELLE M/L/S	001	41.00		41.00
3		HENDERS	112164 - 300019-M	GUANTE MED SPORT 3MM - MEDIUM	001	15.00		45.00
3		US DIVER	115125 - 276010	MASCARA AIRWISNORVEL 150 LX	001	43.50		130.50
3		TRIDENT	116100 - WB36	CINTURON PESOS HEB. PLASTICA	001	6.50		19.50
12		SUBACQUA	116170 - MQ0	PESO 4LB5	001	12.80		212.00
							SubTotal	5,631.54
							(i) Desc. por Art. Lic.	0.00
Son: SEIS MIL TRESCIENTOS SIETE CON 33/100 DOLAR (ES)							(j) Desc. Divido	0.00
							Imp. IVA	675.72
							Retenido P. Ics	0.00
							IBAFIL	0.00
							<b>Total</b>	<b>6,307.26</b>
							Art. Lic.	0.00

NOTA: LOS PRECIOS AQUI COTIZADOS ESTAN SUJETOS A CAMBIOS SIN PREVIO AVISO

Vendedor

Aprobación

## APÉNDICE II

### Proforma para Análisis Químico:

ARMADA DEL ECUADOR INSTITUTO OCEANOGRÁFICO Guayaquil	
	Av. 25 DE JULIO VÍA PUERTO MARÍTIMO BASE NAVAL SUR FONO: 2481300 FAX No. 2485166 CASILLA 5940 email: inocar@inocar.mil.ec
PRESUPUESTO PARA ANALISIS QUIMICO Y MICROBIOLOGICO EN MUESTRAS DE AGUA	
Solicitado por:	SRTA. KAREN CECIBEL CONSTANTE CORDOVA
Referencia:	Comunicación s/n del 30 de Marzo/2010
Detalle del trabajo:	
Análisis químico y microbiológico de muestras de agua para proyecto de graduación de Bióloga Marina.	
RUBROS DE LEVANTAMIENTO	COSTO USD.
Análisis de laboratorio por muestra de agua:	
Determinación de Nitratos, Nitritos, Fosfato, Silicato y Coliformes Totales	\$60.00
Determinación de Clorofila "a"	\$60.00
SUB-TOTAL	\$120.00
IVA %12	\$14.40
TOTAL	\$134.40
<b>PRODUCTOS A ENTREGAR:</b> Resultados de análisis	
<b>NOTAS:</b> El INOCAR realiza los ensayos de Carbono orgánico, Nitrógeno orgánico y Fósforo orgánico en sedimento. Solo se está cotizando Clorofila "a"	
PREPARADO: Carmen Palacios	Jefe de CDM: TN. Edwin Pinto

### APENDICE III

Valores multiplicados y con I.V.A. empleados en el cuadro de

Actividades:

#### Monitoreo Biológico

MATERIAL	VALOR
GPS (Global Positioning System)	290.00
<b><i>Instalación de Marcadores</i></b>	
4 Estacas para el estudio (30" de largo)	13.00
10 m. Cable plástico	33.00
30 Etiquetas numeradas	7.50
Clavos por libra	2.75
Pizarra Subacuática	13.75
Tabla para datos con sujetapapeles	3.00
Hojas Mylar o papel a prueba de agua por 25 unidades	17.00
Libreta de campo	1.25
Lápiz de grafito	1.50
Linterna (monitoreo a mas de 5 metros)	42.00
Cooler	28.00
Cámara fotográfica acuática	350.00
<b><i>Equipo Scuba</i></b>	
Neopreno de 5mm.	265.00
Regulador con consola y Octopus	120.00
Tanque de oxígeno	83.00
Chaleco	77.00
Máscara y Snorkell	59.00
Aletas	32.00
Cinturón con plomos	17.50
Recarga de Oxígeno	3.50

#### TRANSPORTE

MATERIAL	VALOR
Lancha por flete diario	25.00
10 gln. Gasolina para embarcación	15.00

### **Monitoreo Físico**

<b>MATERIAL</b>	<b>VALOR</b>
GPS (Global Positioning System)	290.00
Metro para Oxígeno Disuelto	
Refractómetro	
Metro para pH	
Disco Secchi	15.00

### **Monitoreo Químico**

<b>ANÁLISIS</b>	<b>VALOR</b>
12 muestras Clorofila a	134.40
12 muestras Nutrientes inorgánicos	
12 muestras Crecimiento bacteriano (coliformes totales)	

## APÉNDICE IV

### Monitoreo Biológico:

### Ejemplo de pizarra Subacuática preparada:

Número de hoja:

Fecha:

Hora inicio:

Lugar:

Hora fin:

Profundidad:

Coordenadas:

Diámetro:

Altura:

Cobertura de coral estimada: /100%

Estado de tiempo:

Nombre del Participante:

Coordenadas (sitio) de la Fotografía:

Descripción del ángulo de la Fotografía:

ECOSISTEMA 1				
Colonia # 1				# de Rejillas
Cuadrante # 1		Número de especies	Abundancia Relativa	
Especie	Familia			
				1
				2
				3
				4
				5
				6
				7
				8
				9
<b>Observaciones:</b>				
<b>Firma del Responsable:</b>				

\* (S=Solo un individuo; P=Pocos: 2-10 individuos; M=Muchos: 11-100 individuos; A=Abundantes: >100 individuos).



## BIBLIOGRAFÍA

1. Breidahl Harry. Texto e ilustración de **Arrecifes Coralinos**. Macmillan Education Australia, 1994.
2. Briones E.E. 1994. Size distribution patterns of some selected fish species, in mangrove, seagrass, algal bed and coral reef habitats at Spaanse Water Bay - Curaçao. Tesis para la obtención del título de maestría. VUB. Bruselas – Bélgica
3. Cornejo L. Monitoreo Submareal de Corales en la playa Los Frailes del Parque Nacional Machalilla, Manabí, Ecuador, para la Conservación de la Biodiversidad. 2009.
4. Diagnóstico ecológico y socioeconómico del área marino-costera del Parque Nacional Machalilla. PROYECTO INEFAN/GEF 1997. Quito, Ecuador.
5. Evaluación del Área Marina del Parque Nacional Machalilla. Plan de Manejo del Parque Nacional Machalilla. Parte II, Versión Final. Resumen Ejecutivo. Proyecto INEFAN/GEF. Abril, 1998.
6. Flachier, Adriana, et al. 1997. Evaluación del área marina del Parque Nacional Machalilla: Parte I: Diagnóstico ecológico y socioeconómico del área marino-costera del Parque Nacional Machalilla. Proyecto INEFAN/GEF. Quito – Ecuador.

7. Flachier, Adriana, et al. 1998. Evaluación del área marina del Parque Nacional Machalilla: Parte II: Propuesta de manejo del área marina del Parque Nacional Machalilla. Proyecto INEFAN / GEF. Quito – Ecuador.
8. Fonseca E., Ana C., Salas Eva & Cortés Jorge. Monitoreo del arrecife coralino Meager Shoal, Parque Nacional Cahuita, Costa Rica (sitio CARICOMP). *Rev. biol. trop* v.54 n.3 San José. Sept. 2006.
9. Loya, Y. (1972): Community structure and species diversity of hermatypic corals at Eilat, Red Sea. *Mar. Biol.* 13(2):100-123.
10. Manual para el monitoreo de Arrecifes de Coral en el Caribe y el Atlántico Occidental. Servicio de Parques Nacionales. Parque Nacional de las Islas Vírgenes, 1994. Traducción al español, 2001
11. Müller-Karger, F.E., McClain, C.R., Fisher, T.R., Esaias, W.E., Varela, R. (1989): "Pigment distribution in the Caribbean Sea: Observations from space," *Progress in Oceanography*, 23:23-64.
12. Ohlhorst, S.L., Liddell, W.D., Taylor, R.J., Taylor, J.M. (1988) "Evaluation of reef census techniques," *Proceedings of the 6th International Coral Reef Symposium* 2:319-324.
13. Ortiz Sotomayor Álida. Los Arrecifes de Coral, 2005. Programa de Colegio Sea Grant de la Universidad de Puerto Rico, 2005.

14. Pandolfi, J.M. (2002): Coral community dynamics at multiple scales. *Coral Reef* 21(1): 13-23.
15. Parsons, T.R., Maita, Y., Lalli, C.M. (1984). *A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis*, Pergamon Press, New York, NY.
16. Recursos Naturales Educa. El Arrecife de Coral. DRN. 1992. Programa de Manejo de la zona costanera de Puerto Rico. 2006. Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de los estados Unidos.
17. Rivera Rossi Jade - Rivadeneira-Roura Cristina. REGIÓN COSTA. COSTA CENTRAL VII. PARQUE NACIONAL MACHALILLA. Pág. 4. En: ECOLAP y MAE. 2007. Guía del Patrimonio de Áreas Naturales Protegidas del Ecuador. ECOFUND, FAN, DarwinNet, IGM. Quito, Ecuador.
18. Sumich, J. L. 1999. *An Introduction to the Biology of Marine Life* 7th Ed. McGraw-Hill WCB.
19. U.S. Environmental Protection Agency (1992) Method 445.0: In vitro determination of chlorophyll *a* and pheophytin *a* in marine and freshwater phytoplankton by fluorescence, *Methods for the Determination of Chemical Substances in Marine and Estuarine Environmental Samples*, Environmental Monitoring Systems Laboratory, Cincinnati, Ohio.

20. Valdivia Acosta Abel y De la Guardia Llansó Elena. Estructura de la Comunidad de Corales en el Arrecife Costero de Boca Canasí, La Habana, Cuba. Centro de Investigaciones Marinas, Universidad de La Habana. *Rev. Invest. Mar.* 25(1):15-22, 2004.

### **Consultas Informáticas:**

21. <http://e-travelware.com/zdive/dvcoral.htm>
22. <http://ponce.inter.edu/acad/cursos/ciencia/pages/corales.htm>
23. [http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/46/htm/sec\\_11.htm](http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/46/htm/sec_11.htm)  
|
24. <http://duncanjg.files.wordpress.com/2008/02/clasediversidadcorales1.pdf>
25. <http://reefcheck.org>
26. <http://coral.aoml.noaa.gov/agra>
27. <http://mbrs.org.bz>
28. <http://projectaware.org>. Divers Conserving Underwater Environments. Version 1.03. Project AWARE Foundation, 2008.

29. <http://valoraciencia.ucn.cl/guia/09-profe-diversidad.pdf>. DIVERSIDAD BIOLÓGICA MARINA: ¿CÓMO LA MIDEN LOS CIENTÍFICOS?
30. <http://monografias.com/trabajos36/arrecifes-coral/arrecifes-coral2.shtml#forma>.  
Reyes S. Betzaida, LOS ARRECIFES DE CORAL.
31. [http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/46/htm/sec\\_11.html](http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/46/htm/sec_11.html)  
I.
32. <http://ponce.inter.edu/acad/cursos/ciencia/pages/corales.htm> Ramírez Jennie Dra.  
ARRECIFES DE CORAL. CÓMO SE ALIMENTAN LOS CORALES.
33. <http://www.e-travelware.com/zdive/dvcoral.htm>. Coral Reef Alliance. LOS ARRECIFES DE CORAL, CÓMO SE REPRODUCEN.